

09/7005

PCT/JP 99/02578

18.05.99

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 02 JUL 1999

WIPO PCT

JP99/2578

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1998年 5月22日

出 願 番 号

Application Number:

平成10年特許願第158436号

出 願 人

Applicant(s):

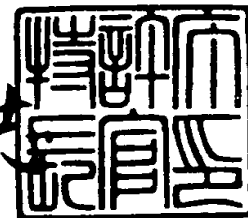
東京エレクトロン株式会社

PRIORITY  
DOCUMENTSUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1999年 6月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平11-3039346

【書類名】 特許願

【整理番号】 TYL98004

【提出日】 平成10年 5月22日

【あて先】 特許庁長官 荒井 寿光 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 エッチング方法

【請求項の数】 9

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都府中市住吉町2丁目30番地の7 東京エレクト  
    ロン山梨株式会社内

    【氏名】 伊藤 洋文

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都府中市住吉町2丁目30番地の7 東京エレクト  
    ロン山梨株式会社内

    【氏名】 山田 暢浩

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都府中市住吉町2丁目30番地の7 東京エレクト  
    ロン山梨株式会社内

    【氏名】 稲沢 剛一郎

【特許出願人】

    【識別番号】 000219967

    【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100095957

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 亀谷 美明

    【電話番号】 03-3226-6631

【代理人】

    【識別番号】 100096389

【弁理士】

【氏名又は名称】 金本 哲男

【電話番号】 03-3226-6631

【代理人】

【識別番号】 100101557

【弁理士】

【氏名又は名称】 萩原 康司

【電話番号】 03-3226-6631

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 040224

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9602173

【書類名】 明細書

【発明の名称】 エッチング方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 気密な処理室内に処理ガスを導入し、前記処理室内に配置された被処理体に形成された  $\text{SiN}_x$  膜層を覆う  $\text{SiO}_2$  膜層に対して、プラズマエッチング処理を施すエッチング方法において、

前記処理ガスは、少なくとも  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CH}_2\text{F}_2$  を含む混合ガスであることを特徴とする、エッチング方法。

【請求項 2】 気密な処理室内に処理ガスを導入し、前記処理室内に配置された被処理体に形成された  $\text{SiN}_x$  膜層を覆う  $\text{SiO}_2$  膜層に対して、プラズマエッチング処理を施すエッチング方法において：

前記処理ガスとして少なくとも  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CO}$  を含む混合ガスを使用して、前記  $\text{SiO}_2$  膜層にエッチング処理を施す第 1 の工程と；

前記  $\text{SiN}_x$  膜層が露出する前後に、前記処理ガスとして少なくとも  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CH}_2\text{F}_2$  を含む混合ガスに切り替えて、前記  $\text{SiO}_2$  膜層にエッチング処理を施す第 2 の工程と；

を含むことを特徴とする、エッチング方法。

【請求項 3】 気密な処理室内に処理ガスを導入し、前記処理室内に配置された被処理体に形成された  $\text{SiN}_x$  膜層を覆う  $\text{SiO}_2$  膜層に対して、プラズマエッチング処理を施すエッチング方法において：

前記処理ガスとして少なくとも  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CO}$  を含む混合ガスを使用して、前記  $\text{SiO}_2$  膜層にエッチング処理を施す第 1 の工程と；

前記  $\text{SiN}_x$  膜層の肩部が露出する前後に、前記処理ガスとして少なくとも  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CH}_2\text{F}_2$  を含む混合ガスに切り替えて、前記  $\text{SiO}_2$  膜層にエッチング処理を施す第 2 の工程と；

前記  $\text{SiN}_x$  膜層の肩部の露出から所定時間経過後に、前記処理ガスとして少なくとも  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CO}$  を含む混合ガスに切り替えて、前記  $\text{SiO}_2$  膜層にエッチング処理を施す第 3 の工程と；

を含むことを特徴とする、エッチング方法。

【請求項4】 前記少なくとも $C_4F_8$ と $CH_2F_2$ を含む混合ガスの前記 $C_4F_8$ と前記 $CH_2F_2$ の流量比( $CH_2F_2/C_4F_8$ )は、実質的に0.4~1.0に設定されることを特徴とする、請求項1, 2又は3のいずれかに記載のエッチング方法。

【請求項5】 前記少なくとも $C_4F_8$ と $CH_2F_2$ を含む混合ガスの全圧に対する前記 $C_4F_8$ の分圧は、実質的に0.4 (mTorr)~0.8 (mTorr)に設定されることを特徴とする、請求項1, 2, 3又は4のいずれかに記載のエッチング方法。

【請求項6】 前記処理室内に励起されるプラズマの密度は、実質的に $1.5 \times 10^{10}$  (イオン数/cm<sup>3</sup>)~ $1.2 \times 10^{11}$  (イオン数/cm<sup>3</sup>)に設定されることを特徴とする、請求項1, 2, 3, 4又は5のいずれかに記載のエッチング方法。

【請求項7】 前記被処理体は、前記処理室内に配置されたサセプタの載置面上に載置され、

前記サセプタの載置面の温度は、実質的に20℃~前記 $SiO_2$ 膜層のマスクパターンを構成するフォトリソ層の耐熱温度に設定されることを特徴とする、請求項1, 2, 3, 4, 5又は6のいずれかに記載のエッチング方法。

【請求項8】 前記少なくとも $C_4F_8$ と $CH_2F_2$ を含む混合ガスには、さらに不活性ガスが添加されることを特徴とする、請求項1, 2, 3, 4, 5, 6又は7のいずれかに記載のエッチング方法。

【請求項9】 前記少なくとも $C_4F_8$ とCOを含む混合ガスには、さらに不活性ガスが添加されることを特徴とする、請求項2, 3, 4, 5, 6, 7又は8のいずれかに記載のエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、エッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

最近、半導体装置の集積度が飛躍的に向上し、それに伴って半導体基板上に形成される各種素子の更なる微細化も技術的要求項目の一つとして挙げられている。かかる要求を達成するためには、半導体基板上に形成される各ゲート（電極）間の間隔を狭めることも必要となり、そのゲート間にコンタクトホールを形成する場合には、コンタクトホールも狭小化する必要がある。しかしながら、ゲート間の間隔が狭まるにつれ、ステッパのアライメント性能の限界などに起因して、狭小なコンタクトホールを正確な位置に形成することが困難となっている。そこで、最近、各ゲートの表面に $\text{SiN}_x$ 膜層などの保護膜層（下地）を形成し、コンタクトホール形成時にゲートがエッチングされることを防止して、各ゲート間の狭小空間に自己整合的にコンタクトホールを形成するセルフアラインコンタクト技術が提案されている。なお、本明細書中において、上記 $\text{SiN}_x$ とは、 $\text{SiN}$ や $\text{Si}_3\text{N}_4$ のみならず、それらの混合物質も表すものとする。

## 【0003】

上記セルフアラインコンタクト技術を用いて、半導体基板上に形成されたゲートを覆う $\text{SiO}_2$ 膜（絶縁膜）層にコンタクトホールを形成する場合には、 $\text{SiN}_x$ 膜層に対する $\text{SiO}_2$ 膜層の選択比を向上させるために、処理ガスとして、例えば $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CO}$ を含む混合ガスが広く使用されている。すなわち、当該処理ガスを採用すれば、該処理ガスを構成する $\text{C}_4\text{F}_8$ が従来の $\text{CF}_4$ や $\text{C}_2\text{F}_6$ などよりも相対的に多くの炭素原子を含んでいるため、コンタクトホールの内壁面に保護膜となるカーボン膜を容易に形成することができる。さらに、上記処理ガスには、 $\text{CO}$ が添加されているため、上記カーボン膜を一層容易に形成することができる。その結果、上記カーボン膜によって被覆された $\text{SiN}_x$ 膜層に、エッチングイオンであるフッ素ラジカルが接触し難くなるため、 $\text{SiN}_x$ 膜層に対する $\text{SiO}_2$ 膜層の選択比を向上させることができる。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記 $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CO}$ を含む混合ガスを用いてコンタクトホールを形成すると、上述の如くコンタクトホールの内壁面に形成されたカーボン膜により、 $\text{SiN}_x$ 膜層に対する $\text{SiO}_2$ 膜層の選択比を向上させることができる反面、

そのカーボンがコンタクトホール底部にも堆積する。その結果、コンタクトホール底部に堆積したカーボンによってフッ素ラジカルが該底部に到達し難くなるため、コンタクトホールが所定の深さ以上に削れ難くなり、いわゆる抜け性の低下や、エッチングストップが生じる。

## 【0005】

さらに、最近、ゲート間の狭小空間に高アスペクト比のコンタクトホールを形成することが技術的要求項目の1つとして挙げられているが、その様な孔深さの深いコンタクトホールは、その構成上、コンタクトホール底部にフッ素ラジカルが到達し難い。その結果、上述した $C_4F_8$ とCOを含む混合ガスで、該コンタクトホールを形成すると、コンタクトホール底部へのカーボンの堆積と、フッ素ラジカルの侵入量の低下により、抜け性の低下やエッチングストップの発生が一層顕著となる。

## 【0006】

また、上記従来のエッチング方法のように、コンタクトホール底部にカーボンが堆積しやすいプロセスで処理を行う場合には、そのコンタクトホール底部に堆積するカーボンを勘案して、半導体基板に過剰なエッチング処理を施す必要がある。しかしながら、その様な過剰なエッチング処理を半導体基板に施すと、本来ならばゲートを覆う絶縁膜層やゲートを保護する $SiN_x$ 膜層もエッチングされてしまい、それら絶縁膜層やゲート自体がコンタクトホール内に露出する。

## 【0007】

その結果、絶縁不良が生じたり、ゲートと他の配線や電極がショートするなどの問題を引き起こし、歩留りが低下する。特に、 $SiN_x$ 膜層の肩部（角部）は、コンタクトホール内に張り出すことが多いため、非常にエッチングされ易く、上述の如く過剰なエッチング処理を半導体基板に施すと、その角部が最も損傷する。従って、上記従来のエッチング方法では、その $SiN_x$ 膜層の肩部が損傷しない程度までしかエッチング処理を行えないため、高アスペクト比のコンタクトホールの形成は、非常に困難である。

## 【0008】

本発明は、上記従来の技術が有する上記のような問題点に鑑みて成されたもの

であり、本発明の第1の目的は、コンタクトホール内に露出する  $\text{SiN}_x$  膜層の肩部にカーボン膜（保護膜）を形成して  $\text{SiN}_x$  膜層に対する  $\text{SiO}_2$  膜層の選択比の向上を図ると共に、コンタクトホール底部へのカーボンの堆積を抑制して、高アスペクト比のコンタクトホールを形成することが可能な、新規かつ改良されたエッチング方法を提供することである。

【0009】

また、本発明の第2の目的は、 $\text{SiN}_x$  膜の肩部が損傷する原因の1つとなる過剰なエッチングを不要とし、ゲートの絶縁不良や絶縁破壊の発生を防止して歩留りを向上させることが可能な、新規かつ改良されたエッチング方法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明の第1の観点によれば、請求項1に記載の発明のように、気密な処理室内に処理ガスを導入し、処理室内に配置された被処理体に形成された  $\text{SiN}_x$  膜層を覆う  $\text{SiO}_2$  膜層に対して、プラズマエッチング処理を施すエッチング方法において、処理ガスは、少なくとも  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CH}_2\text{F}_2$  を含む混合ガスであることを特徴とするエッチング方法が提供される。

【0011】

かかる構成によれば、 $\text{CO}$  に代えて  $\text{CH}_2\text{F}_2$  を処理ガスの構成ガスとして採用したため、処理時には、 $\text{C}_4\text{F}_8$  から生じるフッ素ラジカルのみならず、 $\text{CH}_2\text{F}_2$  からもフッ素ラジカルを生じさせることができるため、フッ素ラジカルの生成量を増加させることができる。その結果、高アスペクト比のコンタクトホールを形成する場合でも、フッ素ラジカルをコンタクトホールの底部に確実に到達させることができるため、コンタクトホールの底部に堆積するカーボンを除去しながら該底部をエッチングすることができ、所定深さのコンタクトホールを容易に形成することができる。

【0012】

また、コンタクトホールの底部を確実にエッチングすることができるため、被処理体に過剰なエッチング処理を施す必要がなく、コンタクトホール内に露出す



る  $\text{SiN}_x$  膜層、特にその肩部の損傷を防止することができる。その結果、 $\text{SiN}_x$  膜層で保護されているゲートを覆う絶縁膜層やゲート自体がコンタクトホール内に露出することがなく、ゲートの絶縁不良や絶縁破壊の発生を防止することができるため、歩留りを向上させることができる。さらに、所定のエッチングレートを維持したままコンタクトホールの底部をエッチングすることができるため、エッチング処理時間を短縮させることができ、スループットも向上させることができる。

## 【0013】

また、処理ガスを構成する  $\text{CH}_2\text{F}_2$  は、炭素原子を含んでいるため、 $\text{CO}$  と同様に、コンタクトホールの内壁面に保護膜となるカーボン膜を確実に形成することができる。その結果、コンタクトホールの内壁面がエッチングされ難くなるため、いわゆるボーイング形状のコンタクトホールが形成されることを防止することができる。さらに、コンタクトホール内に露出する  $\text{SiN}_x$  膜層、特に  $\text{SiN}_x$  膜層の肩部もカーボン膜で被覆することができるため、該肩部がエッチングされ、損傷することを防止できる。また、この様に、いわゆるカーボンリッチな雰囲気の下で被処理体に処理を施しても、上述の如くフッ素ラジカルをコンタクトホールの底部にまで確実に到達させることができるため、コンタクトホールの底部にカーボンが堆積することがない。

## 【0014】

また、本発明の第2の観点によれば、請求項2に記載の発明のように、気密な処理室内に処理ガスを導入し、処理室内に配置された被処理体に形成された  $\text{SiN}_x$  膜層を覆う  $\text{SiO}_2$  膜層に対して、プラズマエッチング処理を施すエッチング方法において、処理ガスとして少なくとも  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CO}$  を含む混合ガスを使用し、 $\text{SiO}_2$  膜層にエッチング処理を施す第1の工程と、 $\text{SiN}_x$  膜層が露出する前後に、処理ガスとして少なくとも  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CH}_2\text{F}_2$  を含む混合ガスに切り替えて、 $\text{SiO}_2$  膜層にエッチング処理を施す第2の工程とを含むことを特徴とするエッチング方法が提供される。

## 【0015】

かかる構成によれば、少なくとも  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CO}$  を含む混合ガスを使用してエッ

チング処理を行うため、上記従来のエッチング方法と同様に、カーボンリッチな雰囲気下で被処理体に処理を施すことができる。その結果、コンタクトホールの内壁面に容易にカーボン膜を形成することができるため、コンタクトホールのエッチング形状がボーイング状になることがない。

## 【0016】

また、 $\text{SiN}_x$ 膜層が露出する前後に、処理ガスを少なくとも $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CH}_2\text{F}_2$ を含む混合ガスに切り替えてエッチング処理を行うので、上記請求項1に記載の発明と同様に、カーボンリッチ及びラジカルリッチな雰囲気下で被処理体に処理を施すことができる。その結果、コンタクトホールの底部に堆積したカーボンを除去することができるため、該底部を確実にエッチングすることができ、エッチングストップの発生を防止して、抜け性を向上させることができる。さらに、当該処理ガスを用いれば、 $\text{SiN}_x$ 膜層の肩部にカーボン膜を付着させながら、コンタクトホールの底部へのカーボンの堆積を抑制することができるため、所定形状のコンタクトホールを形成することができる。

## 【0017】

さらに、本発明の第3の観点によれば、請求項3に記載の発明のように、気密な処理室内に処理ガスを導入し、処理室内に配置された被処理体に形成された $\text{SiN}_x$ 膜層を覆う $\text{SiO}_2$ 膜層に対して、プラズマエッチング処理を施すエッチング方法において、処理ガスとして少なくとも $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CO}$ を含む混合ガスを使用して、 $\text{SiO}_2$ 膜層にエッチング処理を施す第1の工程と、 $\text{SiN}_x$ 膜層の肩部が露出する前後に、処理ガスとして少なくとも $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CH}_2\text{F}_2$ を含む混合ガスに切り替えて、 $\text{SiO}_2$ 膜層にエッチング処理を施す第2の工程と、 $\text{SiN}_x$ 膜層の肩部の露出から所定時間経過後に、処理ガスとして少なくとも $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CO}$ を含む混合ガスに切り替えて、 $\text{SiO}_2$ 膜層にエッチング処理を施す第3の工程とを含むことを特徴とするエッチング方法が提供される。

## 【0018】

かかる構成によれば、上記請求項2に記載の発明と同様に、少なくとも $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CO}$ を含む混合ガスを使用するので、カーボン膜をコンタクトホールの内壁面に容易に形成することができ、ボーイング形状のコンタクトホールが形成される

ことがない。また、 $\text{SiN}_x$ 膜層の肩部が露出する前後に、処理ガスを少なくとも $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CH}_2\text{F}_2$ を含む混合ガスに切り替えれば、上述した請求項1及び請求項2に記載の発明と同様に、コンタクトホール底部に堆積したカーボンを除去できるため、コンタクトホール底部を確実にエッチングできると共に、コンタクトホール内に露出した $\text{SiN}_x$ 膜層をカーボン膜で保護することができる。

## 【0019】

さらに、 $\text{SiN}_x$ 膜層の肩部の露出から所定時間経過後に、処理ガスを少なくとも $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CO}$ を含む混合ガスに再び切り替えれば、コンタクトホール内壁面に容易にカーボン膜を付着させることができるため、コンタクトホールがボーイング形状となることを防止することができる。また、この工程で、少なくとも $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CO}$ を含む混合ガスを使用しても、上述の如くコンタクトホール底部に堆積したカーボンがすでに除去されているため、抜け性の低下やエッチングストップが生じることがない。

## 【0020】

また、少なくとも $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CH}_2\text{F}_2$ を含む混合ガスの $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CH}_2\text{F}_2$ の流量比( $\text{CH}_2\text{F}_2/\text{C}_4\text{F}_8$ )を、例えば請求項4に記載の発明のように、実質的に0.4以上で1.0以下に設定したり、また少なくとも $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CH}_2\text{F}_2$ を含む混合ガスの全圧に対する $\text{C}_4\text{F}_8$ の分圧と、例えば請求項5に記載の発明のように、実質的に0.4 (mTorr) 以上で0.8 (mTorr) 以下に設定すれば、 $\text{SiN}_x$ 膜層に対する $\text{SiO}_2$ 膜層の選択比をさらに向上させることができる。

## 【0021】

さらに、処理室内に励起されるプラズマの密度を、例えば請求項6に記載の発明のように、実質的に $1.5 \times 10^{10}$  (イオン数/cm<sup>3</sup>) 以上で $1.2 \times 10^{11}$  (イオン数/cm<sup>3</sup>) 以下に設定したり、また被処理体を、例えば請求項7に記載の発明のように、処理室内に配置されたサセプタの載置面上に載置し、サセプタの載置面の温度を実質的に20℃以上で、 $\text{SiO}_2$ 膜層のマスクパターンを構成するフォトリソ層の耐熱温度以下に設定すれば、上記請求項4や請求項5に記載の発明と同様に、 $\text{SiN}_x$ 膜層に対する $\text{SiO}_2$ 膜層の選択比をさらに向上させることができる。

## 【0022】

また、少なくとも $C_4F_8$ と $CH_2F_2$ を含む混合ガスに、例えば請求項8に記載の発明のように、さらに不活性ガスを添加したり、または少なくとも $C_4F_8$ と $CO$ を含む混合ガスに、例えば請求項9に記載の発明のように、さらに不活性ガスを添加すれば、エッチングレートなどの各種処理条件を容易に調整することができる。

## 【0023】

## 【発明の実施の形態】

以下に、添付図面を参照しながら、本発明にかかるエッチング方法の実施の形態について、詳細に説明する。

## 【0024】

## (1) エッチング装置の構成

まず、図1を参照しながら、本実施の形態のエッチング方法が適用されるエッチング装置100について説明する。

同図に示すエッチング装置100の処理容器102内には、処理室104が形成されており、この処理室104内には、上下動自在なサセプタを構成する下部電極106が配置されている。下部電極106の上部には、高圧直流電源108に接続された静電チャック110が設けられており、この静電チャック110の上面に被処理体、例えば半導体ウェハ（以下、「ウェハ」と称する。）Wが載置される。さらに、下部電極106上に載置されたウェハWの周囲には、絶縁性のフォーカスリング112が配置されている。また、下部電極106の周囲には、絶縁体107を介して多数の貫通孔114aを備えた導電性のバッフル板114が設けられている。さらに、バッフル板114は、例えばステンレス製のベローズ109を介して、接地された処理容器102と電気的に導通している。また、下部電極106には、整合器118を介してプラズマ生成用高周波電力を出力する高周波電源120が接続されている。

## 【0025】

また、下部電極106の載置面と対向する処理室104の天井部には、多数のガス吐出孔122aを備えた上部電極122が配置されており、図示の例では、

上部電極 122 は、処理容器 102 の一部を成している。また、ガス吐出孔 122a には、ガス供給管 124 が接続され、さらにそのガス供給管 124 には、図示の例では第 1～第 3 分岐管 126, 128, 130 が接続されている。第 1 分岐管 126 には、開閉バルブ 132 と流量調整バルブ 134 を介して、 $C_4F_8$  を供給するガス供給源 136 が接続されている。また、第 2 分岐管 128 には、開閉バルブ 138 と流量調整バルブ 140 を介して、本実施の形態にかかる  $CH_2F_2$  を供給するガス供給源 142 が接続されている。さらに、第 3 分岐管 130 には、開閉バルブ 144 と流量調整バルブ 146 を介して、Ar を供給するガス供給源 148 が接続されている。なお、これら各種処理ガスの供給構成については、後述する。また、処理ガスに添加される不活性ガスは、上記 Ar に限定されず、処理室 104 内に励起されるプラズマを調整することができるガスであればいかなる不活性ガス、例えば Kr などを採用することができる。さらに、上記処理ガスには、例えば  $O_2$  や、 $N_2$  や、CO や、 $CO_2$  などの各種ガスを添加することもできる。

#### 【0026】

また、処理容器 102 の下方には、不図示の真空引き機構と連通する排気管 150 が接続されており、その真空引き機構の作動により、処理室 104 内を所定の減圧雰囲気に維持することができる。また、処理室 104 の外部には、処理容器 102 の外部側壁を囲うように磁石 152 が配置されており、この磁石 152 によって上部電極 122 と下部電極 106 との間のプラズマ領域に回転磁界が形成される。

#### 【0027】

##### (2) ウェハの構成

次に、図 2 を参照しながら、上記エッチング装置 100 で処理を施すウェハ W の構成について説明する。

ウェハ W を構成する Si (シリコン) 基板 200 上には、ゲート 202 が形成されており、このゲート 202 を覆うようにして絶縁膜層 204 が形成されている。また、この絶縁膜層 204 の表面を被覆するように、 $SiN_x$  膜層 206 が形成されている。この  $SiN_x$  膜層 206 は、後述するコンタクトホール 210

形成時に、ゲート 202 がエッチングされることを防止し、ゲート 202 間に自己整合的にコンタクトホール 210 を形成する役割を果たしている。また、 $\text{SiN}_x$  膜層 206 上には、絶縁膜層を構成するシリコン系酸化膜、例えば  $\text{SiO}_2$  膜 208 が形成されている。なお、上記絶縁膜層 204 及び  $\text{SiO}_2$  膜 208 は、BPSG（ボロンとリンのシリケートガラス）や、PSG（リンのシリケートガラス）や、TEOS（テトラエトキシオルトシラン）や、 $\text{Th-OX}$ （サーマルオキサイド）や、SOG（スピオングラス）などから構成してもよい。また、 $\text{SiO}_2$  膜層 208 上には、コンタクトホール 210 のマスクパターンを構成するフォトレジスト層 212 が形成されている。

## 【0028】

## （3）コンタクトホールの形成工程

次に、図 1 及び図 2 を参照しながら、上述したウェハ W のゲート 202 間にコンタクトホール 210 を形成する工程について説明する。

まず、下部電極 106 の載置面の温度を、予め、実質的に 20（℃）以上で、フォトレジスト層 212 の耐熱温度、すなわちフォトレジスト層 212 が融ける温度以下、好ましくは 20（℃）～60（℃）、例えば 40（℃）に調整した後、その載置面上に上述したウェハ W を載置する。

## 【0029】

次いで、処理室 104 内に本実施の形態にかかる処理ガス、すなわち  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CH}_2\text{F}_2$  と Ar の混合ガスを導入する。この際、それら  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CH}_2\text{F}_2$  と Ar の流量は、それぞれに対応する流量調整バルブ 134、140、146 で調整する。また、本実施の形態では、 $\text{C}_4\text{F}_8$  の流量は、実質的に 5（sccm）～15（sccm）に設定し、好ましくは 6（sccm）～8（sccm）に設定する。さらに、 $\text{CH}_2\text{F}_2$  の流量は、実質的に 2（sccm）～10（sccm）に設定し、好ましくは 3（sccm）～5（sccm）に設定する。さらにまた、Ar の流量は、実質的に 400（sccm）～600（sccm）に設定し、好ましくは 500（sccm）に設定する。ただし、上記各処理ガスの流量は、 $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CH}_2\text{F}_2$  の流量比（ $\text{CH}_2\text{F}_2/\text{C}_4\text{F}_8$ ）が、実質的に 0.4～1.0、好ましくは 0.5～1.0、さらに好ましくは 0.55～0.7 になるように適宜調整

する。

### 【0030】

また、処理室104内への処理ガスの導入と同時に、処理室104内の真空引きを行う。この際、処理室104内の圧力雰囲気は、実質的に30 (mTorr) ~ 70 (mTorr) に設定し、好ましくは35 (mTorr) ~ 55 (mTorr) に設定する。ただし、処理室104内の圧力雰囲気は、 $C_4F_8$ と $CH_2F_2$ とArの全圧に対する $C_4F_8$ の分圧が、0.4 (mTorr) ~ 0.8 (mTorr) になるように適宜調整する。

### 【0031】

次いで、磁石152を回転させて処理室104内のプラズマ領域に回転磁界を形成させる。その後、下部電極106に対して所定の高周波電力を印加し、処理室104内にプラズマを励起する。この際、上記高周波電力は、処理室104内に励起されるプラズマの密度が、実質的に $1.5 \times 10^{10}$  (イオン数/cm<sup>3</sup>) ~  $1.2 \times 10^{11}$  (イオン数/cm<sup>3</sup>) になるように調整する。すなわち、本実施の形態では、下部電極106に対して、例えば周波数が13.56 (MHz) で、電力が1400 (W) ~ 2000 (W)、好ましくは1500 (W) の高周波電力を印加する。これにより、上部電極122と下部電極106との間にグロー放電が生じ、処理室104内に導入された本実施の形態にかかる処理ガスが解離して、高密度のプラズマが生成される。そして、このプラズマにより、ウェハWに所定のエッチング処理が施される。

### 【0032】

この際、本実施の形態では、処理ガスとして $C_4F_8$ と $CH_2F_2$ とArから成る混合ガスを使用しているため、上述した従来のエッチング方法のように処理ガスにCOを添加しなくても、 $C_4F_8$ と $CH_2F_2$ によりカーボンリッチな雰囲気を作り出すことができるため、コンタクトホール210の内部側壁面を構成するSiN<sub>x</sub>膜層206や、SiO<sub>2</sub>膜層208や、フォトレジスト層212の露出面にカーボン膜を容易に形成することができる。その結果、コンタクトホール210の内部側壁面がエッチングされ難くなるため、ボーイング形状のコンタクトホールが形成されることがない。

## 【0033】

また、 $\text{SiN}_x$ 膜層206の表面、特に $\text{SiN}_x$ 膜層206の肩部207もカーボン層で被覆することができるため、エッチングされやすい該肩部207に $\text{C}_4\text{F}_8$ や $\text{CH}_2\text{F}_2$ から生成されたフッ素ラジカルが到達し難くなり、その $\text{SiN}_x$ 膜層206の肩部207の損傷を防止することができる。その結果、 $\text{SiN}_x$ 膜層206と $\text{SiO}_2$ 膜層208との選択比が向上し、 $\text{SiN}_x$ 膜層206で保護されている絶縁膜層204やゲート202が損傷しないので、ゲート202の絶縁不良や絶縁破壊の発生を防止することができ、歩留りを向上させることができる。

## 【0034】

また、本実施の形態の如く、 $\text{CO}$ に代えて、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ を処理ガスの構成ガスとして採用すれば、 $\text{C}_4\text{F}_8$ だけではなく、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ からもエッチャント種であるフッ素ラジカルを生成することができるため、プラズマ中に含まれるフッ素ラジカルを増加させることができる。その結果、狭小なゲート202間に形成される高アスペクト比のコンタクトホール210であっても、そのコンタクトホール210の底部にフッ素ラジカルを確実に到達させることができるため、該底部に堆積するカーボンを容易に取り除くことができ、抜け性の低下やエッチングストップが生じることなく、均一なエッチングレートで上記底部をエッチングすることができる。また、上記処理ガスには、 $\text{Ar}$ が添加されているため、処理室104内で生成されるプラズマの密度等を適宜調整することができる。

## 【0035】

本実施の形態は、以上のように構成されており、 $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CH}_2\text{F}_2$ と $\text{Ar}$ から成る混合ガスを処理ガスに採用したため、処理ガスに $\text{CO}$ を添加した場合と同様に、カーボンリッチな雰囲気を作り出すことができると共に、上記 $\text{CO}$ を添加した場合と異なり、フッ素ラジカルを豊富に生成することができる。その結果、コンタクトホール210の内部側壁面のみにカーボン膜を形成し、かつコンタクトホール210の底部へのカーボンの堆積を防止できるため、狭小なゲート202間に高アスペクト比のコンタクトホール210を形成する場合でも、ゲート202の絶縁不良や絶縁破壊の発生を防止し、かつコンタクトホール210の抜け性を向上させることができる。



## 【0036】

## 【実施例】

次に、本発明にかかるエッチング方法の実施例について説明する。なお、以下の実施例は、上記実施の形態にかかるエッチング装置100で、 $C_4F_8$ と $CH_2F_2$ とArの混合ガスを用いて、以下で説明する処理ガスの流量や、処理室104の圧力雰囲気や、下部電極106に印加する高周波電力や、下部電極106の載置面の温度などの各条件のみを変更し、上記ウェハWに形成されたゲート202間にコンタクトホール210を形成したものであるため、上述したエッチング装置100及びウェハWと略同一機能及び構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより、重複説明を省略する。

## 【0037】

(A)  $CH_2F_2$ の流量変化

まず、 $CH_2F_2$ の流量を変化させた場合の各実施例を次の表に示す。なお、各実施例の処理条件は、処理室104内の圧力雰囲気が50 (mTorr)、上部電極122と処理室104の内壁面の温度が60 (°C)、下部電極110の温度が40 (°C)である。また、下部電極106には、周波数が13.56 (MHz)で、電力が1500 (W)の高周波電力を印加した。さらに、ウェハWは、直径200 (mm)のものを使用した。また、38 (リットル)の容積の処理室102を有するエッチング装置100で処理を行った。

## 【0038】

また、各実施例について、ウェハWの被処理面内の均一性（以下、「面内均一性」という。）と、 $SiN_x$ 膜層206に対する $SiO_2$ 膜層208の選択比を求め、さらにその際のウェハWの断面形状（エッチング形状）を図に示した。なお、面内均一性は、ウェハWの中央部と端部のエッチングレートから平均（表中、「平均エッチングレート」という。）を算出し、それら中央部と端部の各々のエッチングレートがその平均したエッチングレートと何パーセント離れているかを表しており、その数値（絶対値）が大きい程不均一であり、小さい程均一である。また、 $SiN_x$ 膜層206に対する $SiO_2$ 膜層208の選択比（表中、「 $SiO_2/SiN_x$ 選択比」という。）は、図2に示すように、 $SiO_2$ 膜層208に

対するエッチングが進行し、 $\text{SiN}_x$ 膜層206が露出した状態でのウェハWの中央部と端部の( $\text{SiO}_2$ 膜層のエッチングレート) / ( $\text{SiN}_x$ 膜層のエッチングレート) の値の平均である。

【0039】

【表 1】

実施例	処理ガス流量 (sccm)			ウェハの 面内均一性 (±%)	SiO <sub>2</sub> 膜層の平均 エッチングレート (Å/分)	SiO <sub>2</sub> /SiN <sub>x</sub> 選択比	コンタクト ホール の断面形状
	C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	Ar				
1	7	0	500	1.2	4250	15.6	図 3
2	7	3	500	1.2	4050	18.6	図 4
3	7	4	500	1.2	4050	34.4	図 5, 図 6
4	7	5	500	5.0	4000	24.8	図 7
5	7	7	500	5.1	3900	25.5	図 8

【0040】

上記表に示すように、実施例 1～実施例 5 の条件に基づいて、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>と Ar の混合ガスに添加する CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub> の流量を 0 (sccm)～7 (sccm) の範囲内で変化させると、ウェハ W の SiO<sub>2</sub> 膜層 208 のエッチングレートは、CH<sub>2</sub>F

$\text{CH}_2\text{F}_2$ の流量が増加するにつれて低下し、3900（オングストローム／分）～4250（オングストローム／分）の範囲内で変化した。また、面内均一性は、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ の流量を4（sccm）以下に設定したときが良く、流量を増加させるにつれて不均一となった。 $\text{SiN}_x$ 膜層206に対する $\text{SiO}_2$ 膜層208の選択比は、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ の流量を4（sccm）に設定したときが最もよく、その $\text{CH}_2\text{F}_2$ の流量を上記流量から増加又は低下させるにつれて低下した。従って、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ の流量を4（sccm）前後の範囲内で変化させればコンタクトホール210内に露出する $\text{SiN}_x$ 膜層206の肩部207がエッチングされることなく、所定形状のコンタクトホール210を形成することができる。

## 【0041】

さらにまた、図5及び図6に示すように、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ の流量を4（sccm）に設定したとき、ウェハWの中央部と端部の両方で、所定形状のコンタクトホール210を形成することができた。すなわち、ウェハWの中央部と端部の両方とも、 $\text{SiN}_x$ 膜層206の肩部207がエッチングされることなく、かつコンタクトホール210の底部にカーボンが堆積しなかった。また、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ の流量を3（sccm）又は5（sccm）に設定したときにも、図4及び図7に示すように、上記流量と同様に、所定形状のコンタクトホールを形成することができた。これに対して、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ の流量を0（sccm）又は7（sccm）に設定したときは、図3及び図8に示すように、 $\text{SiN}_x$ 膜層206の肩部207がエッチングされ、かつコンタクトホール210の底部にカーボンが堆積した。

## 【0042】

以上の結果より、上記各条件に基づいてエッチング装置100でウェハWにエッチング処理を施す場合には、 $\text{C}_4\text{F}_8$ とArの混合ガスに添加する $\text{CH}_2\text{F}_2$ の流量を3（sccm）～5（sccm）の範囲内で設定すれば、ウェハWの全面で所定形状のコンタクトホール210を形成することができる。ただし、上記各結果は、上述の如くエッチング装置100で処理を行った場合のものであるので、他の処理装置に上記ガス流量を適用する場合には、処理室の容積などの相違により、上記所定形状のコンタクトホール210を形成することが困難な場合がある。そこで、処理ガスを構成する $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CH}_2\text{F}_2$ の流量比（ $\text{CH}_2\text{F}_2/\text{C}_4\text{F}_8$ ）に基

づいて、各処理ガスの流量を調整すれば、上記エッチング装置の構成の相違に左右されることなく、常時所定形状のコンタクトホール 210 を形成することができる。

#### 【0043】

ここで、図 9 を参照しながら、 $C_4F_8$  と  $CH_2F_2$  の流量比 ( $CH_2F_2/C_4F_8$ ) と、 $SiN_x$  膜層 206 に対する  $SiO_2$  膜層 208 の選択比との関係について説明すると、上記流量比 ( $CH_2F_2/C_4F_8$ ) が 0.4 ~ 1.0 の時に上記選択比が略 1.8 以上となり、該流量比が 0.5 ~ 1.0 の時に該選択比が略 2.5 以上となった。さらに、上記流量比が 0.55 ~ 0.7 の時には、上記選択比が略 3.0 以上となった。この際、該流量比が略 0.57 の時には、該選択比が上記範囲内での最高値である略 3.4 となり、これは上記図 5 及び図 6 に対応する  $C_4F_8 : CH_2F_2 : Ar = 7 : 4 : 500$  (sccm) の処理ガスを使用したときである。

#### 【0044】

上記  $SiN_x$  膜層 206 に対する  $SiO_2$  膜層 208 の選択比は、一般的に 2.0 程度であれば良好とされているので、上述の如く流量比 ( $CH_2F_2/C_4F_8$ ) が実質的に 0.4 ~ 1.0、好ましくは実質的に 0.5 ~ 1.0、さらに好ましくは実質的に 0.55 ~ 0.7 となるように、処理ガスの流量を調整すれば、最高で略 3.4 の選択比を得ることができる。なお、図 9 中の縦軸は、 $SiN_x$  膜層 206 に対する  $SiO_2$  膜層の選択比を表し、また横軸は、流量比 ( $CH_2F_2/C_4F_8$ ) を表している。

#### 【0045】

#### (B) 処理室内の圧力雰囲気の変化

次に、処理室 104 内の圧力雰囲気を变化させた場合の実施例について説明する。次の表に示す実施例 6 及び実施例 7 は、処理室 104 内の圧力雰囲気以外の各条件を、上記実施例 3 と同様に設定して行った。すなわち、処理ガスの流量は、上記実施例 3 と同じ  $C_4F_8 : CH_2F_2 : Ar = 7 : 4 : 500$  (sccm) に設定した。また、実施例 6 及び実施例 7 では、上記実施例 1 ~ 実施例 5 と同様に、ウェハ W の面内均一性と、 $SiN_x$  膜層 206 に対する  $SiO_2$  膜層 208 の選

択比を各々求め、さらにその際のウェハWの断面形状を図示した。

【0046】

【表2】

実施例	処理室内の 圧力雰囲気 (mTorr)	ウェハの 面内均一性 (±%)	SiO <sub>2</sub> 膜層の平均 エッチングレート (Å/分)	SiO <sub>2</sub> /SiNx 選択比	コンタクト ホール の断面形状
6	40	2.6	3800	13.2	図10
3	50	1.2	4050	34.4	図5, 図6
7	60	6.8	4400	70.6	図11

【0047】

上記表に示すように、上記実施例3の条件を基準として、実施例6及び実施例7の如く、処理室104内の圧力雰囲気を40 (mTorr) 又は60 (mTorr)

rr) に変化させると、ウェハWの $\text{SiO}_2$ 膜層208のエッチングレートは、圧力雰囲気増加に伴って高くなった。また、面内均一性は、圧力雰囲気を実施例3の如く50 (mTorr) に設定したときが最もよく、処理室104の圧力雰囲気を上記圧力雰囲気から増加又は低下させた場合には不均一となった。さらに、 $\text{SiN}_x$ 膜層206に対する $\text{SiO}_2$ 膜層208の選択比も、上記面内均一性と同様に、上記圧力雰囲気を50 (mTorr) に設定したときが最もよく、処理室104の圧力雰囲気を上記圧力雰囲気から増加又は低下させた場合には低下した。

#### 【0048】

また、上記実施例6の如く、処理室104内の圧力雰囲気を40 (mTorr) にした場合には、図10に示すように、コンタクトホール210の底部にカーボンが堆積し難く、所定深さのコンタクトホール210を形成することができる反面、同図に示すように、 $\text{SiN}_x$ 膜層206の肩部207がエッチングされ、損傷した。また、上記実施例7の如く、処理室104内の圧力雰囲気を60 (mTorr) にした場合には、 $\text{SiN}_x$ 膜層206の肩部207をカーボン膜で確実に保護することができる反面、図11に示すように、コンタクトホール210の底部にカーボンが堆積し、エッチングストップが生じて抜け性が低下した。

#### 【0049】

これに対して、上述した実施例3の如く、処理室104内の圧力雰囲気を50 (mTorr) にした場合には、図5及び図6に示すように、コンタクトホール210の底部にカーボンが堆積することがなく、かつ $\text{SiN}_x$ 膜層206の肩部207がエッチングされずに、所定形状及び所定深さのコンタクトホール210を形成することができた。

#### 【0050】

以上の結果より、上記エッチング装置100でウェハWにエッチング処理を施す場合には、処理室104内の圧力雰囲気を50 (mTorr) 程度に設定すると、ウェハWに所定のコンタクトホール210を形成することがわかった。ただし、上記圧力雰囲気は、エッチング装置100に適用した時のものなので、他の処理装置に実施例3、実施例6及び実施例7を適用した場合には、処理室内の容

積等の違いにより、コンタクトホール 210 の形成状態が異なることがある。そこで、上記実施例 3 の処理ガス中の  $C_4F_8$  と  $CH_2F_2$  と Ar の全圧に対する  $C_4F_8$  の分圧を求めると 0.68 (mTorr) となり、この分圧に基づいて処理室 104 内の圧力雰囲気を設定すれば、いかなるエッチング装置であっても、実施例 3 の如く、所定のコンタクトホール 210 を形成することができる。さらに、上記分圧を 0.4 (mTorr) ~ 0.8 (mTorr) の範囲内で適宜設定しても、実施例 3 と同様に、所定のコンタクトホール 210 を形成することができる。

## 【0051】

## (C) 下部電極に導入する高周波電力の変化

次に、下部電極 106 に印加する高周波電力を変化させた場合の実施例について説明する。次の表に示す実施例 8 及び実施例 9 では、下部電極 106 に印加する高周波電力以外の各条件を、上記実施例 3 と同様に設定した。また、実施例 8 及び実施例 9 では、上記実施例 1 ~ 実施例 7 と同様に、ウェハ W の面内均一性と、 $SiN_x$  膜層 206 に対する  $SiO_2$  膜層 208 の選択比を各々求め、さらにその際のウェハ W の断面形状を図示した。なお、上記高周波電力の周波数は、上記実施例 3 と同一の 13.56 MHz に設定した。

## 【0052】



【表 3】

実施例	高周波電力 (W)	ウェハの 面内均一性 (±%)	SiO <sub>2</sub> 膜層の平均 エッチングレート (Å/分)	SiO <sub>2</sub> /SiN <sub>x</sub> 選択比	コンタクト ホール の断面形状
8	1400	3.6	4150	37.7	図 12
3	1500	1.2	4050	34.4	図 5, 図 6
9	1600	8.9	4500	28.9	図 13

## 【0053】

上記表に示すように、上記実施例 3 の条件を基準として、実施例 8 及び実施例 9 の如く、下部電極 106 に印加する高周波電力を 1400 (W) 又は 1600 (W) に変化させると、高周波電力を 1500 (W) に設定した場合よりも高くなった。また、面内均一性は、実施例 3 の如く 1500 (W) の高周波電力を下

部電極 106 に印加したときが最もよく、該電力よりも増加又は低下させた場合には不均一となった。さらに、 $\text{SiN}_x$  膜層 206 に対する  $\text{SiO}_2$  膜層 208 の選択比は、高周波電力を増加させた場合には低下した。

#### 【0054】

また、下部電極 106 に印加する高周波電力を、1400 (W) と 1600 (W) にした場合の両方とも、図 12 及び図 13 に示すように、コンタクトホール 210 内の底部にカーボンが堆積し難く、かつ  $\text{SiN}_x$  膜層 206 の肩部 207 もエッチングされ難かった。ただし、上記高周波電力を 1400 (W) に設定した場合には、 $\text{SiN}_x$  膜層 206 に対する  $\text{SiO}_2$  膜層 208 の選択比が向上する反面、コンタクトホール 210 の底部にカーボンが若干堆積した。また、上記高周波電力を 1600 (W) に設定した場合には、コンタクトホール 210 の底部へのカーボンの堆積は、認められなかった。もちろん、上述した実施例 3 の如く、1500 (W) の高周波電力を下部電極 106 に印加した場合には、図 5 及び図 6 に示すように、良好なエッチング形状を有するコンタクトホール 210 を形成することができた。

#### 【0055】

以上の結果より、上記エッチング装置 100 でウェハ W にエッチング処理を施す場合には、下部電極 106 に印加する高周波電力を 1400 (W) ~ 1600 (W) の範囲内で設定すれば、ウェハ W に所定のコンタクトホール 210 を形成することができる。さらに、下部電極 106 に 1600 (W) の高周波電力を印加した場合でも、良好なエッチング特性を得ることができたため、下部電極 106 に供給する電力の上限を 1700 (W) まで拡大しても、所定形状のコンタクトホール 210 を形成できると推察される。

#### 【0056】

なお、上記高周波電力は、エッチング装置 100 に適用した時のものなので、他の処理装置に実施例 3、実施例 8 及び実施例 9 を適用した場合には、コンタクトホール 210 の形成状態が異なることがある。これは、コンタクトホール 210 の底部に侵入するフッ素ラジカルの量や、コンタクトホール 210 の内壁面に付着するカーボンの量が、処理室 104 内のプラズマ密度に依存するためである。

。そこで、下部電極 106 に上記 13.56MHz で 1400 (W) ~ 1700 (W) の高周波電力を印加した場合の処理室 104 内のプラズマの密度を測定すると、 $1.5 \times 10^{10}$  (イオン数/cm<sup>3</sup>) ~  $1.2 \times 10^{11}$  (イオン数/cm<sup>3</sup>) であった。従って、プラズマの密度が、上記  $1.5 \times 10^{10}$  (イオン数/cm<sup>3</sup>) ~  $1.2 \times 10^{11}$  (イオン数/cm<sup>3</sup>) となるように、処理室 104 内にプラズマを生成すれば、所定形状のコンタクトホール 210 をウェハ W に形成することができる。

【0057】

(D) 下部電極の載置面の温度変化

次に、下部電極 106 の載置面の温度を変化させた場合の実施例について説明する。以下の表に示す実施例 10 及び実施例 11 では、下部電極 106 の載置面の温度以外の各条件を、上記実施例 3 と同様に設定した。また、実施例 10 及び実施例 11 では、上記実施例 1 ~ 実施例 9 と同様に、ウェハ W の面内均一性と、SiN<sub>x</sub> 膜層 206 に対する SiO<sub>2</sub> 膜層 208 の選択比を各々求め、さらにその際のウェハ W の断面形状を図示した。なお、処理室 104 の内壁面の温度は、上記実施例 3 と同一の 60 (°C) に設定した。

【0058】

【表 4】

実施例	下部電極の 載置面温度 (°C)	ウェハの 面内均一性 (±%)	SiO <sub>2</sub> 膜層の平均 エッチングレート (Å/分)	SiO <sub>2</sub> /SiN <sub>x</sub> 選択比	コンタクト ホール の断面形状
10	20	6.8	4400	20.6	図 14
3	40	1.2	4050	34.4	図 5, 図 6
11	60	3.5	4250	58.2	図 15

【0059】

上記表に示すように、上記実施例 3 の条件を基準として、上記実施例 10 及び実施例 11 の如く、下部電極 106 の載置面の温度を 20 (°C) 又は 60 (°C) に変化させると、ウェハ W の SiO<sub>2</sub> 膜層 208 のエッチングレートは、実施例 3 の如く、上記載置面の温度を 40 (°C) に設定した場合よりも高くなった。ま

た、面内均一性は、下部電極 106 の載置面の温度を、上記実施例 3 の如く 40 (°C) に設定した場合が最もよく、該温度よりも高く又は低くした場合には不均一となった。SiN<sub>x</sub>膜層 206 に対する SiO<sub>2</sub>膜層 208 の選択比は、下部電極 106 の載置面の温度を高くした場合に上昇した。

#### 【0060】

また、下部電極 106 の載置面の温度を 20 (°C) にした場合には、図 14 に示すように、コンタクトホール 210 の底部にカーボンが堆積し難く、所定深さのコンタクトホール 210 を形成することができる反面、SiN<sub>x</sub>膜層 206 に対する SiO<sub>2</sub>膜層 208 の選択比は、20.6 となり、同図に示すように、SiN<sub>x</sub>膜層 206 の肩部 207 がエッチングされた。これに対して、下部電極 106 の載置面の温度を 60 (°C) にした場合には、SiN<sub>x</sub>膜層 206 に対する SiO<sub>2</sub>膜層 208 の選択比は、58.2 となり、図 15 に示すように、SiN<sub>x</sub>膜層 206 の肩部 207 がエッチングされることを防止できた。さらに、該温度の場合には、同図に示すように、コンタクトホール 210 の底部にカーボンが堆積せずに、所定深さのコンタクトホール 210 を形成することができた。もちろん、上記実施例 3 の如く、下部電極 106 の載置面の温度を 40 (°C) に設定した場合でも、図 5 及び図 6 に示すように、所定深さ及び所定形状のコンタクトホール 210 を形成することができた。

#### 【0061】

以上の結果より、下部電極 106 の載置面の温度を 20 (°C) 以上、特に温度を上昇させるほど、ウェハ W に所定形状のコンタクトホール 210 を形成できる。しかしながら、ウェハ W の温度が所定温度以上になると、SiO<sub>2</sub>膜層 208 上に形成されているフォトレジスト膜層 212 が融けて、エッチングマスクの機能を果たさなくなってしまうため、下部電極 106 の載置面の温度の上限は、フォトレジスト膜層 212 の耐熱温度となる。従って、下部電極 106 の載置面の温度を、20 (°C) ~ フォトレジスト膜層 212 の耐熱温度の範囲内で適宜設定すれば、ウェハ W に所定形状のコンタクトホール 210 を形成することができる。

#### 【0062】

## (E) 実施例 3 と従来例の比較

次に、上記実施例 1 ～実施例 11 の中で、ウェハ W に最も所定形状のコンタクトホール 210 を形成することができた図 5 及び図 6 に対応する実施例 3 と、図 16 に対応する従来例を比較する。まず、実施例 3 と従来例のエッチング条件について説明すると、実施例 3 と従来例の両方とも、上述したエッチング装置 100 でエッチング処理を行い、上部電極 122 と処理室 104 の内壁面の温度は 60 (°C) に維持し、下部電極 110 の載置面の温度は 40 (°C) に維持した。また、下部電極 106 には、周波数が 13.56 (MHz) で、電力が 1500 (W) の高周波電力を印加した。さらに、ウェハ W は、直径 200 (mm) のものを使用した。

## 【0063】

また、上記実施例 3 では、上述の如く、ガス組成及び流量が  $C_4F_8 : CH_2F_2 : Ar = 7 : 4 : 500$  (sccm) の処理ガスを処理室 104 内に導入したのに対して、従来例では、ガス組成及び流量が  $C_4F_8 : CO : Ar = 18 : 300 : 380$  (sccm) の処理ガスを処理室 104 内に導入した。さらに、上記実施例 3 では、上述の如く、処理室 104 内の圧力雰囲気を 50 (mTorr) に設定したのに対して、従来例では、処理室 104 内の圧力雰囲気を 40 (mTorr) に設定した。

## 【0064】

次に、実施例 3 と従来例の  $SiO_2$  膜層 208 のエッチングレートと、ウェハ W の面内均一性と、 $SiN_x$  膜層 206 に対する  $SiO_2$  膜層 208 の選択比について説明する。

まず、 $SiO_2$  膜層 208 のエッチングレートについて説明すると、上記実施例 3 では、上述の如くウェハ W の中央部では 4000 (オングストローム/分) であり、また端部では 4100 (オングストローム/分) であった。これに対して、従来例では、ウェハ W の中央部では 4600 (オングストローム/分) であり、また端部では 5200 (オングストローム/分) であった。また、ウェハ W の面内均一性は、上記実施例 3 では、上述の如く  $\pm 1.2$  であったのに対して、従来例では、 $\pm 6.1$  であった。さらに、 $SiN_x$  膜層 206 に対する  $SiO_2$  膜

層 208 の選択比は、上記実施例 3 では、上述の如く 34.4 であったのに対して、従来例では、11.2 であった。

#### 【0065】

以上の結果より、実施例 3 のエッチングプロセスでウェハ W に処理を施した場合には、従来例と比較して  $\text{SiO}_2$  膜層 208 に対するエッチングレートが低い反面、ウェハ W の面内均一性と、 $\text{SiN}_x$  膜層 206 に対する  $\text{SiO}_2$  膜層 208 の選択比は、従来例よりも向上させることができた。特に、 $\text{SiN}_x$  膜層 206 に対する  $\text{SiO}_2$  膜層 208 の選択比は、図 6 及び図 16 に示すように、実施例 3 と従来例で顕著な差が認められた。すなわち、実施例 3 のプロセスで処理を施した図 5 及び図 6 に示すウェハ W では、コンタクトホール 210 内の露出した  $\text{SiN}_x$  膜層 206 の肩部 207 がエッチングされることなく、所定形状のコンタクトホール 210 を形成することができた。これに対して、従来例のエッチングプロセスで処理を施した図 16 に示すウェハ W では、 $\text{SiN}_x$  膜層 206 の肩部 207 のみならず、ゲート 202 を覆う  $\text{SiO}_2$  膜層 204 もエッチングされ、損傷した。従って、従来の  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CO}$  と  $\text{Ar}$  の混合ガスから成る処理ガスを用いてウェハ W に処理を施すよりも、本実施例の  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CH}_2\text{F}_2$  と  $\text{Ar}$  の混合ガスから成る処理ガスを採用した方が、ウェハ W に所定形状のコンタクトホール 210 を形成することができる。

#### 【0066】

以上、本発明の好適な実施の形態及び実施例について、添付図面を参照しながら説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではない。特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものであり、それら変更例及び修正例についても本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

#### 【0067】

例えば、上記実施の形態において、コンタクトホールの形成時に  $\text{C}_4\text{F}_8$  と  $\text{CH}_2\text{F}_2$  と  $\text{Ar}$  の混合ガスのみを処理ガスとして用いた構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではない。例えば、上述したエッチング装置 100 でウェハ W にコンタクトホール 210 を形成する場合を例に挙げて説

明すると、まず上記従来例で説明した、ガス組成及び流量が $C_4F_8:CO:Ar=18:300:380$  (sccm) の混合ガスを処理ガスとして用いてウェハWに処理を施す。この際、図1に示す処理室104内の圧力雰囲気は、略55 (mTorr) に設定する。そして、 $SiN_x$ 膜層206の肩部207がコンタクトホール210内に露出する前後に、上記実施例3の如く、ガス組成及び流量が $C_4F_8:CH_2F_2:Ar=7:4:500$  (sccm) の混合ガスに切り替えて該ウェハWに処理を施しても良い。この際の処理室104内の圧力雰囲気は、略50 (mTorr) に設定する。

## 【0068】

このように、処理ガスとして $C_4F_8$ とCOとArの混合ガスを使用すれば、コンタクトホール210の内壁面にカーボン膜を確実に付着させることができ、その内壁面がエッチングされることを防止しながら、所定のコンタクトホール210を形成することができる。また、 $SiN_x$ 膜層206の肩部207が露出する前後に $C_4F_8$ と $CH_2F_2$ とArの混合ガスに切り替えれば、コンタクトホール210の底部にフッ素ラジカルを確実に侵入させることができるため、その底部へのカーボンの堆積による抜け性の低下やエッチングストップの発生を防止できる。さらに、その場合でも、コンタクトホール210内に露出した $SiN_x$ 膜層206の肩部207をカーボン膜で保護することができるため、その肩部207がエッチングされることなく、より高アスペクト比かつ所定形状のコンタクトホール210を迅速に形成することができる。なお、上記 $C_4F_8$ と $CH_2F_2$ とArの混合ガスへの切り替えは、上述の如く $SiN_x$ 膜層206の肩部207が露出する前後で行っても良く、また $SiN_x$ 膜層206の肩部207の露出と同時に行っても良い。さらに、該ガスの切り替えは、例えば予め設定された時間を基準として行っても良く、また処理室104内のプラズマの発光スペクトルから求められた終点検出値に基づいて行っても良い。

## 【0069】

また、上記ウェハWにコンタクトホールを形成する場合には、次のようにして、処理ガスの切り替えを行ってもよい。例えば、まず上述した工程と同様に、ガス組成及び流量が $C_4F_8:CO:Ar=18:300:380$  (sccm) の混



合ガスを処理ガスとして用いてウェハWに処理を施す。この際の処理室104内の圧力雰囲気は、略55 (mTorr) に設定する。また、 $\text{SiN}_x$ 膜層206の肩部207がコンタクトホール210内に露出する前後に、上述した工程と同様に、ガス組成及び流量が $\text{C}_4\text{F}_8 : \text{CH}_2\text{F}_2 : \text{Ar} = 7 : 4 : 500$  (sccm) の混合ガスに切り替えて該ウェハWに処理を施す。この際の処理室104内の圧力雰囲気は、略50 (mTorr) に設定する。次いで、 $\text{SiN}_x$ 膜層206の肩部207がコンタクトホール210内に露出してから所定時間経過後、例えばコンタクトホール210の底部に堆積したカーボンが除去された後に、再び上記ガス組成及び流量が $\text{C}_4\text{F}_8 : \text{CO} : \text{Ar} = 18 : 300 : 380$  (sccm) の混合ガスに切り替えて該ウェハWに処理を施しても良い。この際の処理室104内の圧力雰囲気は、略55 (mTorr) に設定する。

#### 【0070】

このように、処理ガスとして $\text{C}_4\text{F}_8$ とCOとArの混合ガスを用いれば、上述したエッチング方法と同様に、コンタクトホール210の内壁面をカーボン膜で保護することができるため、コンタクトホール210がボーイング形状になることがなく、 $\text{SiO}_2$ 膜層208を所定方向にエッチングすることができる。また、 $\text{SiN}_x$ 膜層206の肩部207が露出する前後で、 $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CH}_2\text{F}_2$ とArの混合ガスに切り替えれば、上述したエッチング方法と同様に、コンタクトホール210の底部にフッ素ラジカルを確実に侵入させることができるため、その底部に堆積したカーボンを除去することができる。さらに、 $\text{SiN}_x$ 膜層206の肩部207は、カーボン膜で被覆されるため、その肩部207の損傷を防止することができる。

#### 【0071】

そして、本エッチング方法の如く、 $\text{SiN}_x$ 膜層206の肩部207の露出後、すなわち上記 $\text{C}_4\text{F}_8$ と $\text{CH}_2\text{F}_2$ とArの混合ガスの使用によりコンタクトホール210の底部に堆積したカーボンを除去した後に、再び $\text{C}_4\text{F}_8$ とCOとArの混合ガスに切り替えれば、カーボンリッチな雰囲気により $\text{SiN}_x$ 膜層208の肩部207にカーボン膜を確実に付着させることができるため、高アスペクト比のコンタクトホール210を形成しても、上記肩部207の損傷を防止し、かつ

コンタクトホール 210 がボーイング形状となることがない。

【0072】

なお、上記各エッチング方法では、上述した処理ガスの組成と、処理ガスの流量と、処理室 104 内の圧力雰囲気以外のプロセス条件は、上述した実施の形態を略同一に設定されている。また、上述した各エッチング方法において、処理ガスに Ar を添加した構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、さらに例えば Kr など不活性ガスや、 $O_2$  や、 $N_2$  や、CO や、 $CO_2$  などの各種ガスを添加してもよい。また、上記 Ar に代えて、各種不活性ガスを添加してもよく、あるいはそのような不活性ガスを添加しなくても本発明を実施することができる。

【0073】

また、上記実施の形態において、磁石を備えたエッチング装置を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、上記磁石を備えていないプラズマエッチング装置にも本発明を適用することができる。さらに、上記実施の形態において、下部電極のみに高周波電力を印加するエッチング装置を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではなく、上部電極と下部電極の両方に高周波電力を印加するプラズマエッチング装置や、上部電極のみに高周波電力を印加するプラズマエッチング装置であっても本発明を実施することができる。

【0074】

【発明の効果】

本発明によれば、処理ガスとして少なくとも  $C_4F_8$  と  $CH_2F_2$  を含むガスを採用したので、コンタクトホールの内壁面、特にコンタクトホール内に露出する  $SiN_x$  膜層の肩部にカーボン膜を形成しながら、コンタクトホールの底部にエッチングイオンを確実に侵入させて、その底部へのカーボンの堆積を防止することができる。その結果、特にエッチングされ易い  $SiN_x$  膜層の肩部を保護することができるため、ゲートやゲートを覆う絶縁膜層の損傷を防止することができ、歩留りを向上させることができる。さらに、抜け性の低下やエッチングストップが生じることなく、コンタクトホールの底部を確実にエッチングすることができ

るため、高アスペクト比のコンタクトホールを容易に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を適用可能なエッチング装置を示す概略的な断面図である。

【図 2】

図 1 に示すエッチング装置で処理を施す半導体ウェハを説明するための概略的な断面図である。

【図 3】

本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 4】

本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 5】

本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 6】

図 5 に示す半導体ウェハの断面形状を表す写真である。

【図 7】

本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 8】

本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 9】

処理ガスの流量比と半導体ウェハの  $\text{SiO}_2$  膜の選択比の関係を説明するための概略的な説明図である。

【図 10】

本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図

である。

【図 1 1】

本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 1 2】

本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 1 3】

本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 1 4】

本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 1 5】

本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 1 6】

従来のエッチング方法で処理を施した半導体ウェハの断面形状を表す写真である。

【符号の説明】

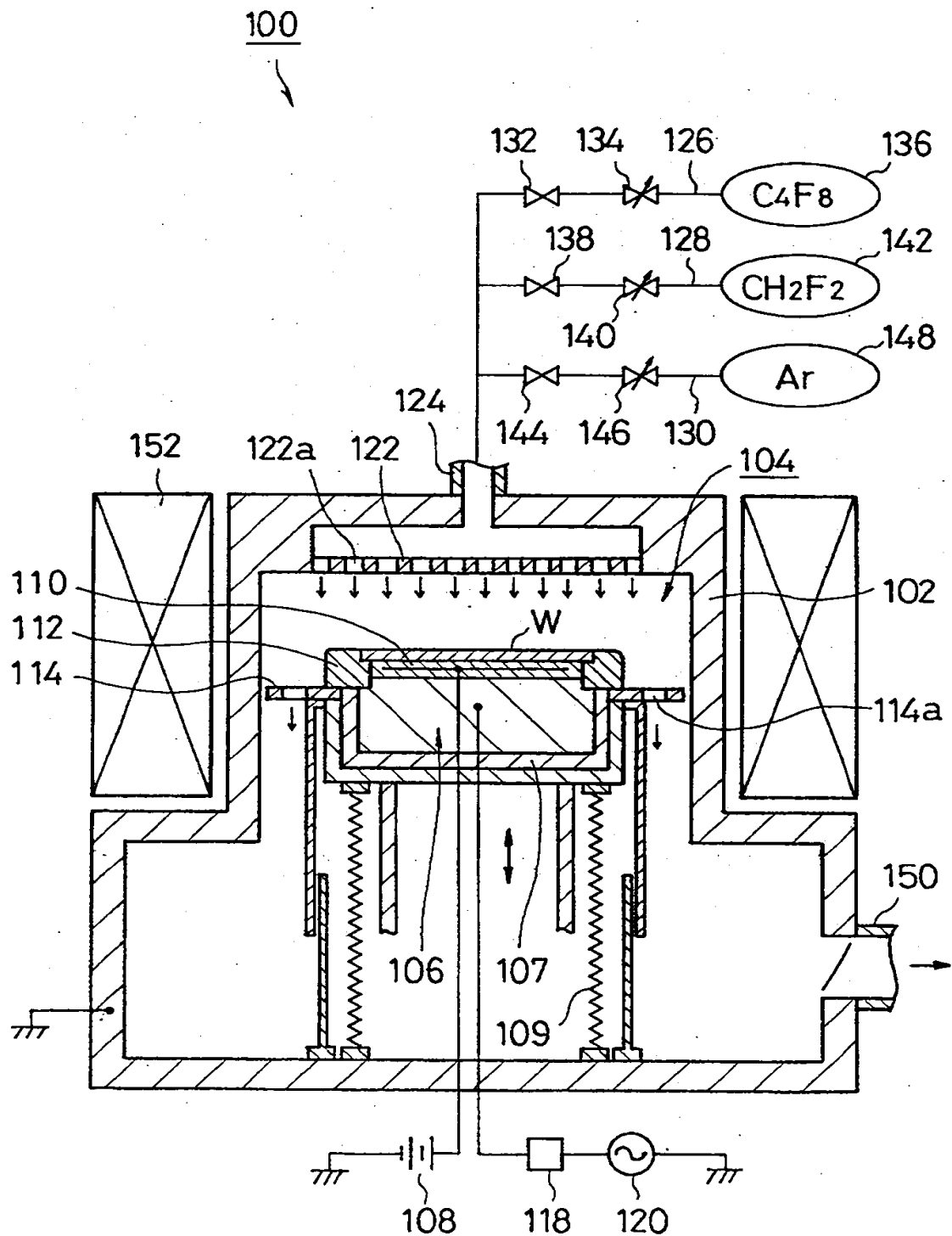
100	エッチング装置
104	処理室
106	下部電極
116	温度調整機構
120	高周波電源
122	上部電極
122a	ガス吐出孔
134, 140, 146	流量調整バルブ
136, 142, 148	ガス供給源

200	Si 基板
202	ゲート
204	絶縁膜層
206	SiN <sub>x</sub> 膜層
207	肩部
208	SiO <sub>2</sub> 膜層
210	コンタクトホール
W	ウェハ

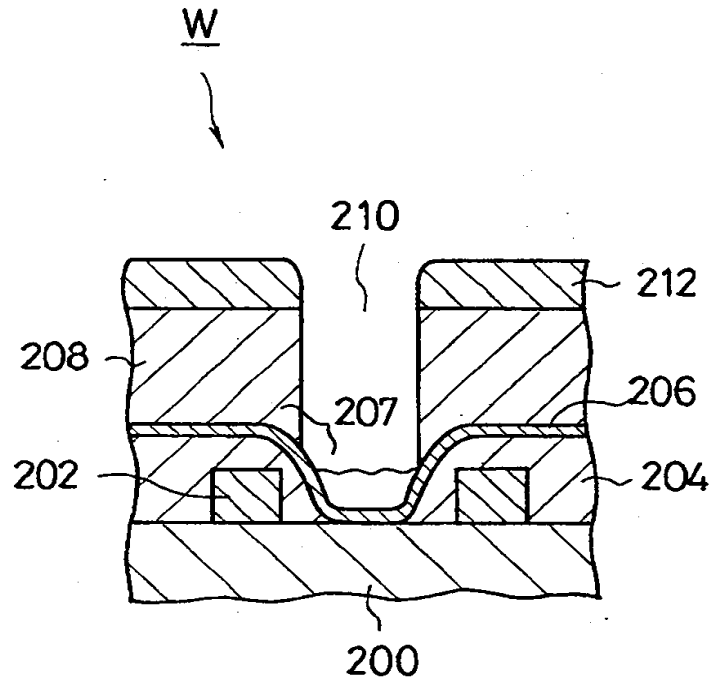
【書類名】

図面

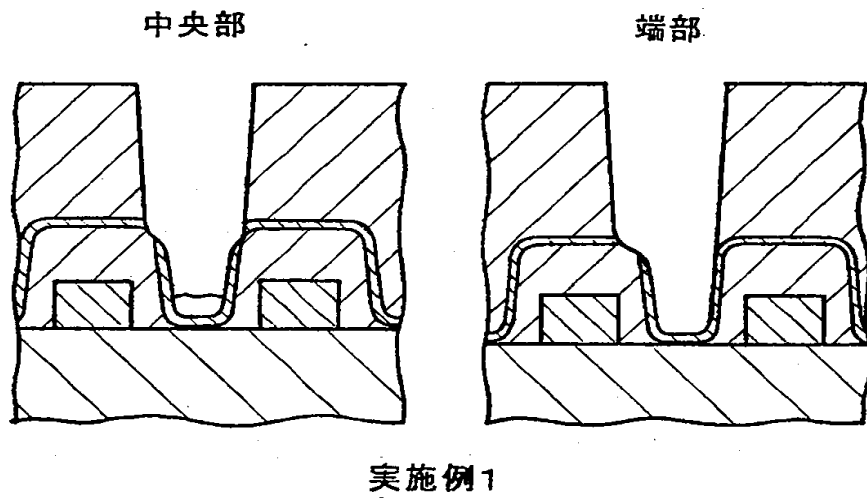
【図 1】



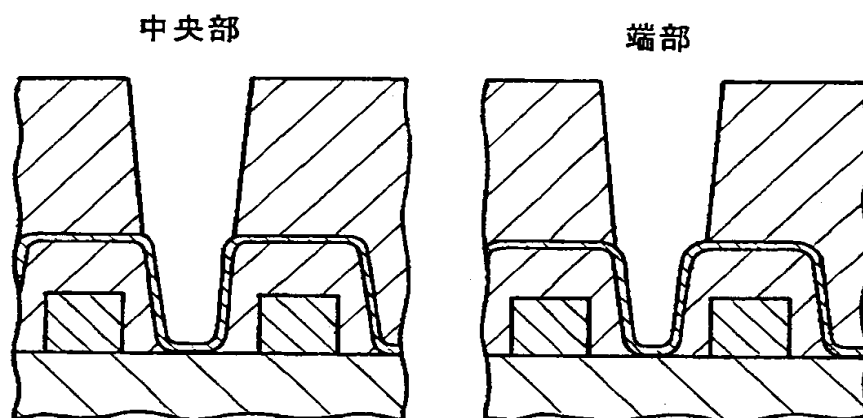
【図 2】



【図 3】

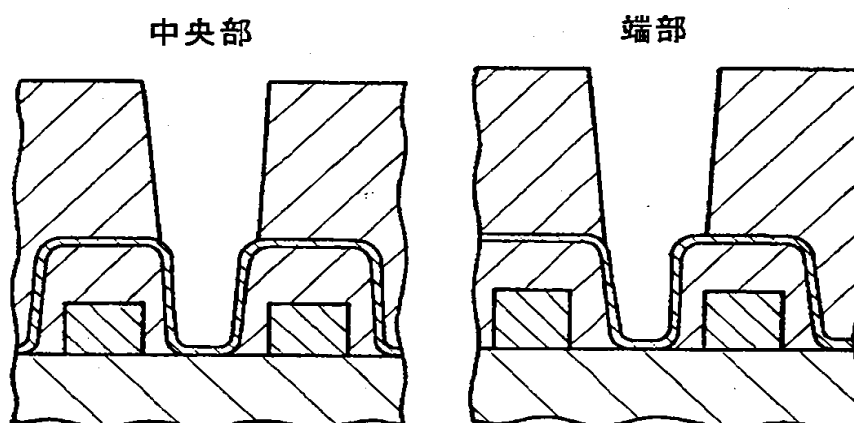


【図4】



実施例2

【図5】



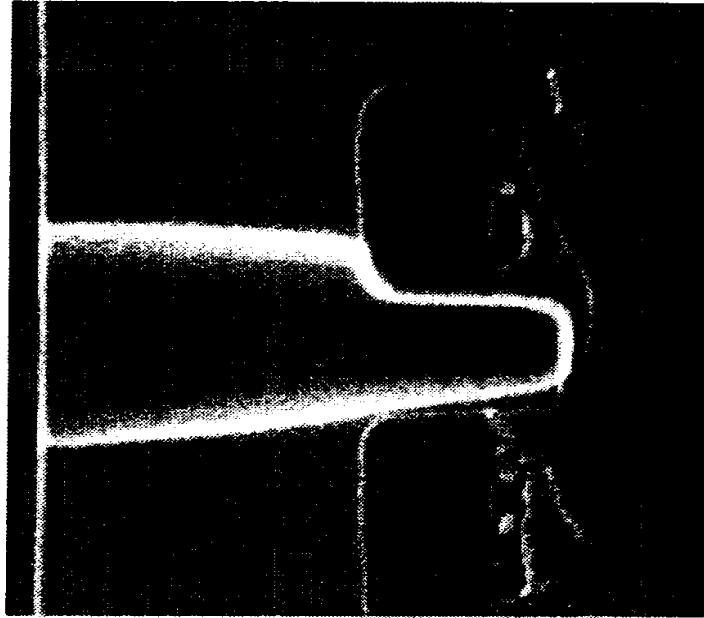
実施例3



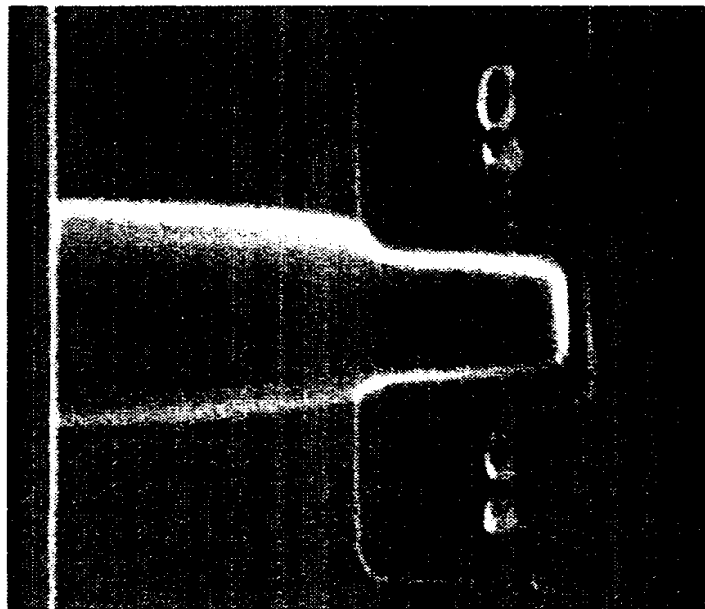
【図 6】

図面代用写真

端部

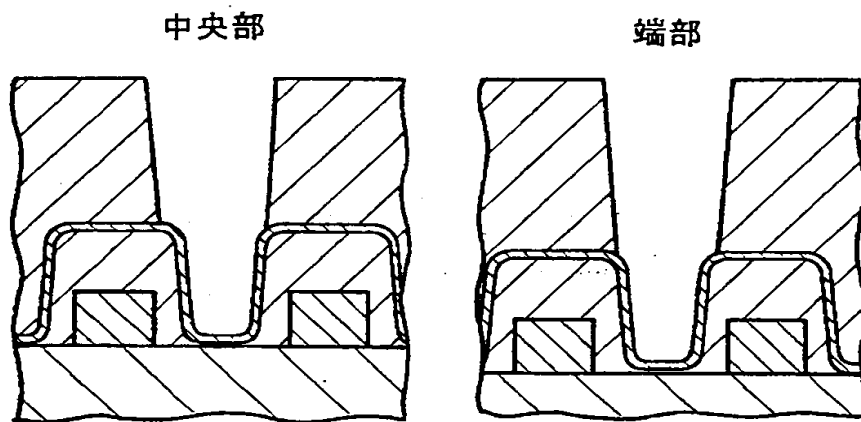


中央部



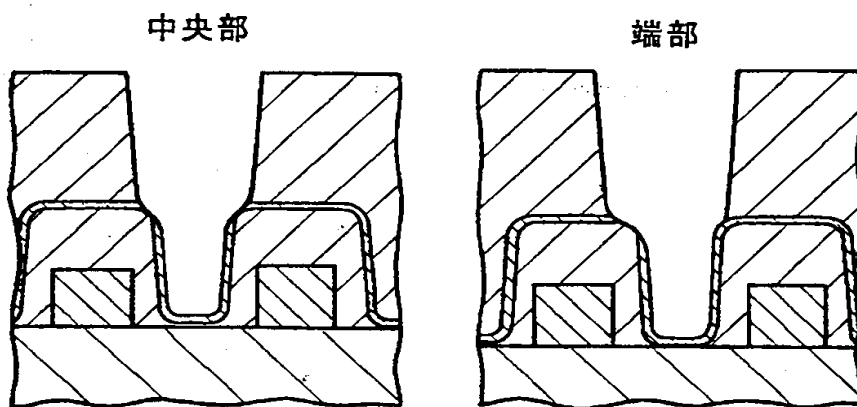
実施例 3

【図 7】



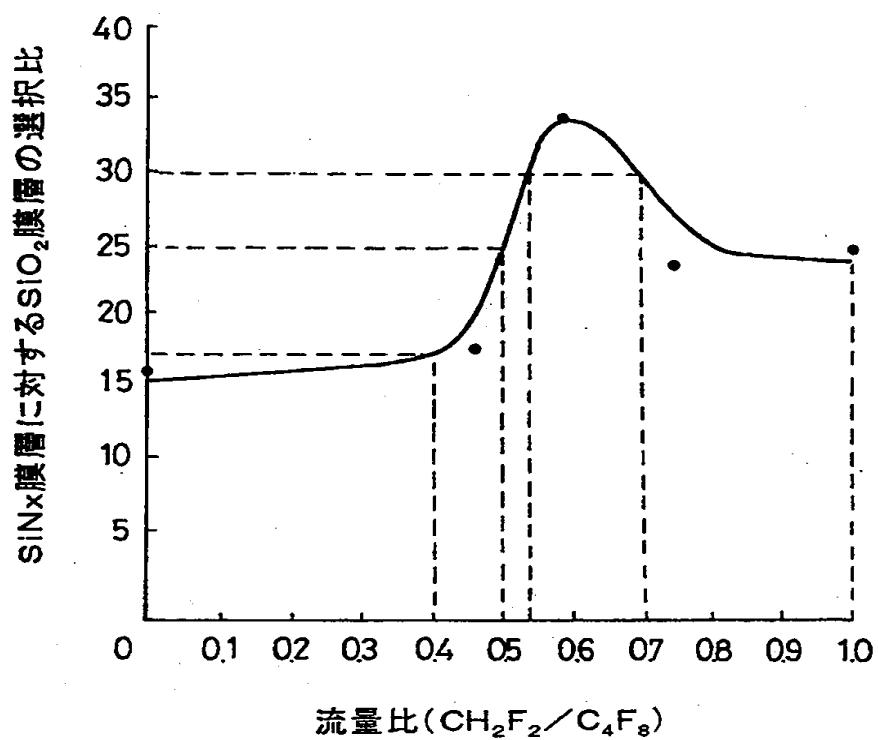
実施例 4

【図 8】

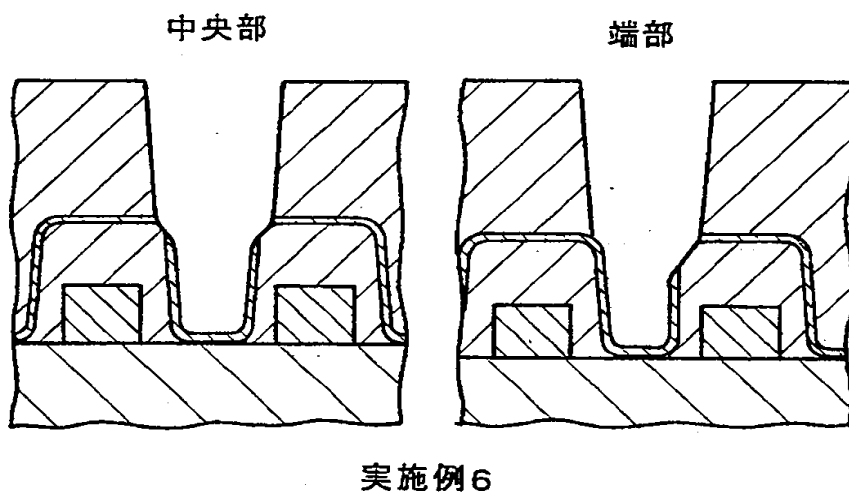


実施例 5

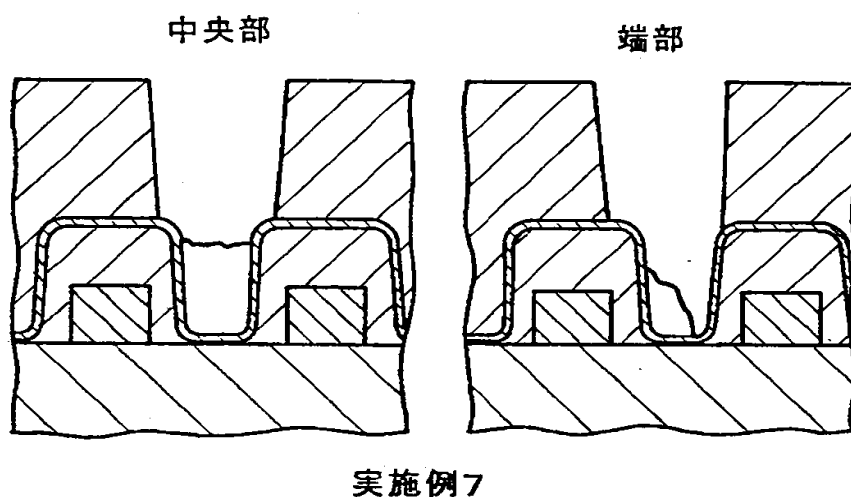
【図 9】



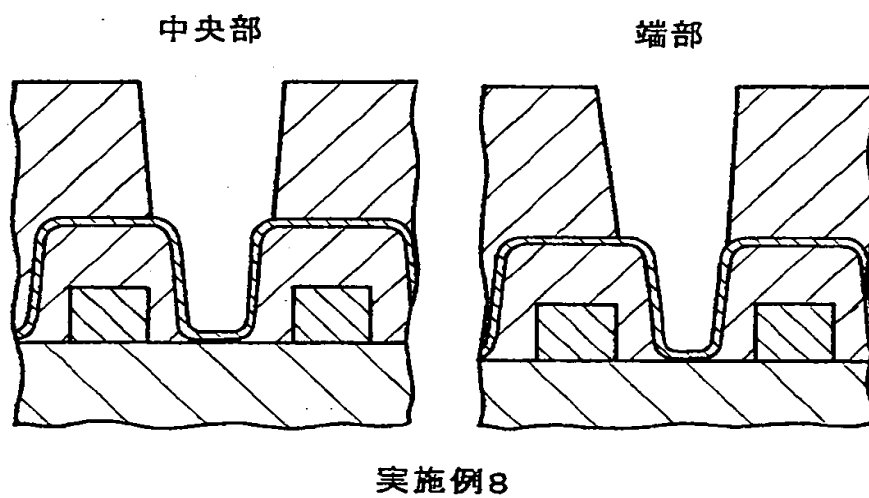
【図 10】



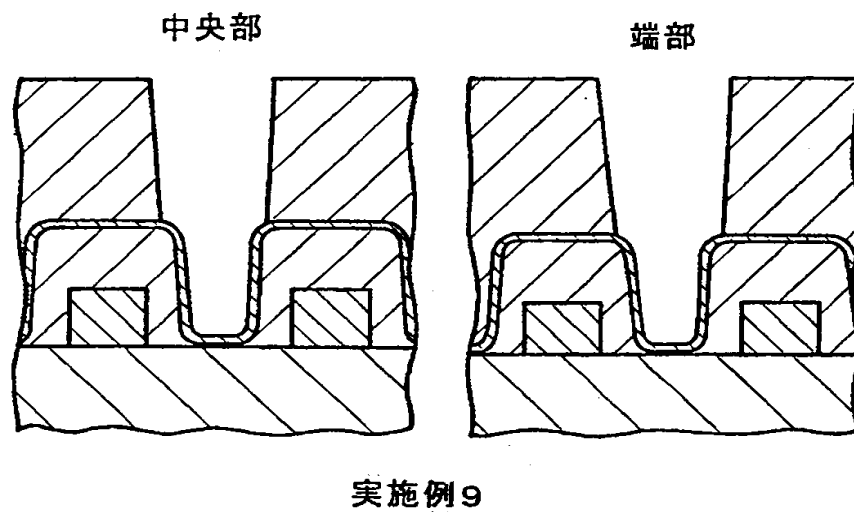
【図11】



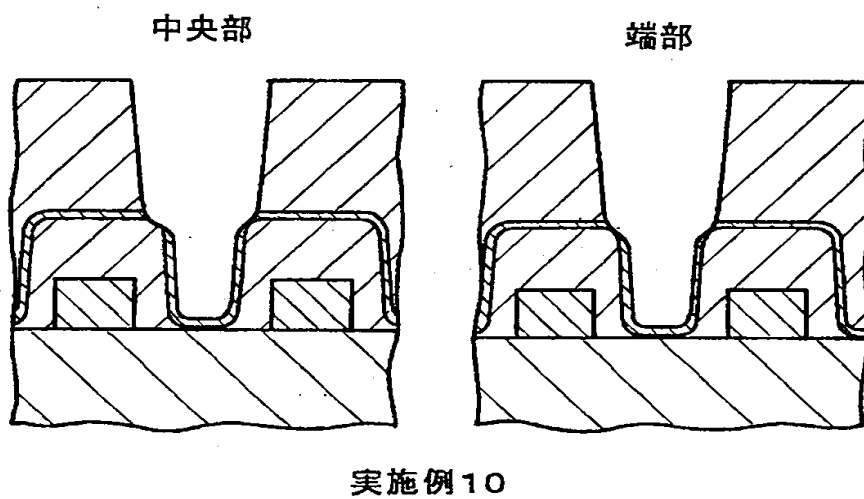
【図12】



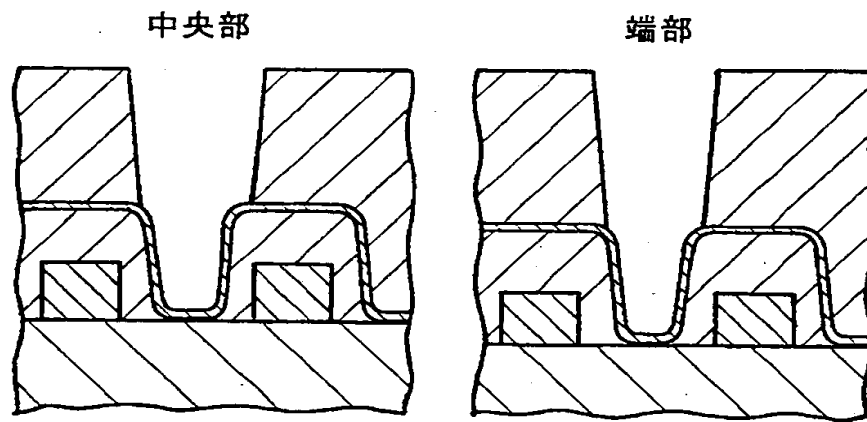
【図 13】



【図 14】



【図 15】

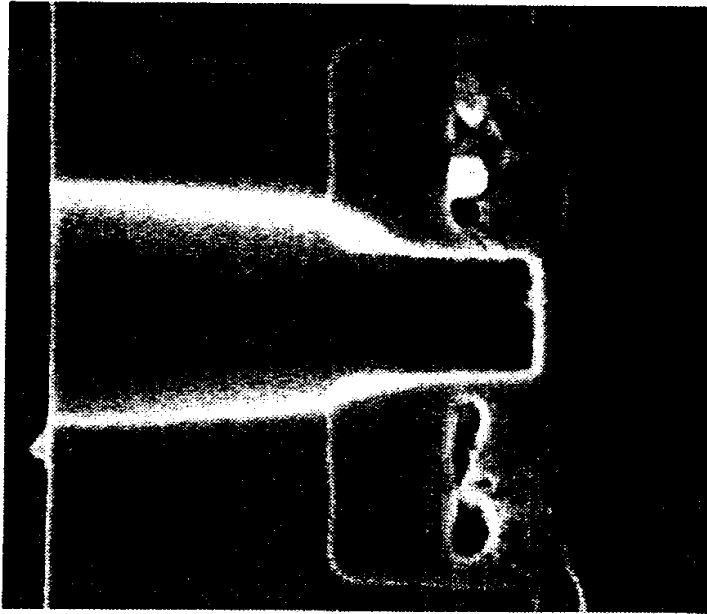


実施例 11

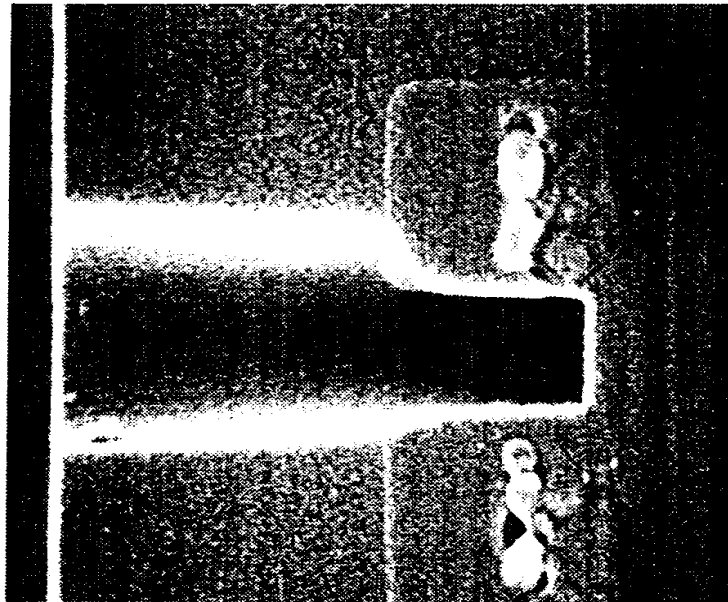
【図 16】

図面代用写真

端部



中央部



従来例

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】  $\text{SiN}_x$ 膜層の損傷を防止しながら高アスペクト比のコンタクトホールを形成することが可能なエッチング方法を提供する。

【解決手段】 エッチング装置100の処理室104内には、載置面の温度が40（℃）に設定された下部電極106が配置される。下部電極106上にウェハWを載置した後、処理室104内にガス組成及びガス流量が $\text{C}_4\text{F}_8:\text{CH}_2\text{F}_2:\text{Ar}=7:4:500$ （sccm）の処理ガスを導入し、処理室104内を50（mTorr）の圧力雰囲気中に維持する。下部電極106に対して13.56（MHz）で1500（W）の高周波電力を印加し、プラズマを生成する。該プラズマにより、コンタクトホール210内に露出する $\text{SiN}_x$ 膜層206の肩部207にカーボン膜を形成すると共に、コンタクトホール210の底部へのカーボンの堆積を防止し、所定形状のコンタクトホール210を形成することができる。

【選択図】 図1



【書類名】 職権訂正データ  
 【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】  
 【識別番号】 000219967  
 【住所又は居所】 東京都港区赤坂 5 丁目 3 番 6 号  
 【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社  
 【代理人】 申請人  
 【識別番号】 100095957  
 【住所又は居所】 東京都新宿区住吉町 1-12 新宿曙橋ビル 金本  
 ・ 亀谷・萩原特許事務所  
 【氏名又は名称】 亀谷 美明  
 【代理人】 申請人  
 【識別番号】 100096389  
 【住所又は居所】 東京都新宿区住吉町 1-12 新宿曙橋ビル 金本  
 ・ 亀谷・萩原特許事務所  
 【氏名又は名称】 金本 哲男  
 【代理人】 申請人  
 【識別番号】 100101557  
 【住所又は居所】 東京都新宿区住吉町 1-12 新宿曙橋ビル 金本  
 ・ 亀谷・萩原特許事務所  
 【氏名又は名称】 萩原 康司

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000219967]

1. 変更年月日	1994年 9月 5日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区赤坂5丁目3番6号
氏 名	東京エレクトロン株式会社